

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-211695

(43)Date of publication of application : 11.08.1995

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

C23C 16/50

C23F 4/00

H01L 21/285

H01L 21/31

(21)Application number : 06-003045

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 17.01.1994

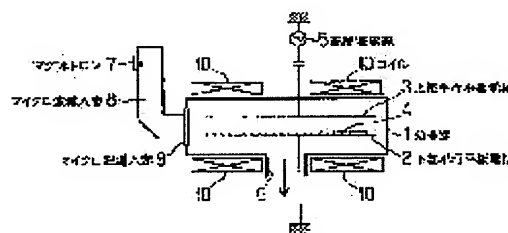
(72)Inventor : GOCHO TETSUO

## (54) METHOD AND SYSTEM FOR PLASMA PROCESSING

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a plasma processing system having a parallel plate electrode and a high vacuum plasma processing method.

**CONSTITUTION:** The plasma processing system comprises a microwave ECR radiation mechanism comprising a microwave introduction window 9 facing a processing chamber 1 having a parallel plate electrode 2, 3, a microwave guide 8, a magnetron 7, a coil 10, etc., wherein the plasma discharge is started by the ECR. The discharge is sustained by means of a VHF band high frequency power supply 5 and the parallel plate electrode. This structure enhances the in-plane uniformity of a substrate to be processed and realizes plasma CVD with improved step coverage and highly anisotropic dry etching. Since chamber cleaning is easy, particle contamination is suppressed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-211695

(43)公開日 平成7年(1995)8月11日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065				
C 2 3 C 16/50				
C 2 3 F 4/00		D 8417-4K		
			H 0 1 L 21/ 302	C
			21/ 31	C
審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平6-3045

(22)出願日 平成6年(1994)1月17日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 牛腸 哲雄

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74)代理人 弁理士 高橋 光男

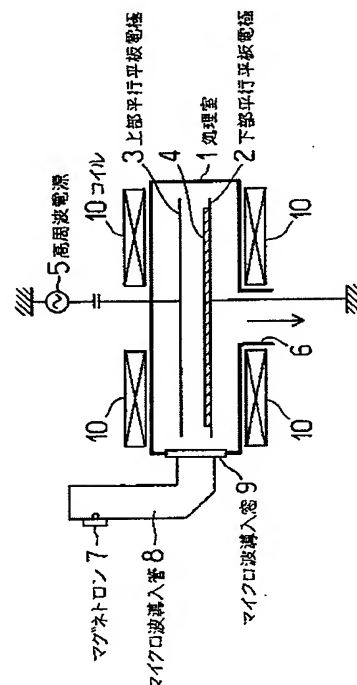
(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 平行平板型電極を有するプラズマ処理装置による、高真空領域でのプラズマ処理方法およびその装置構成を提供する。

【構成】 平行平板型電極2、3を有する処理室3に臨んでマイクロ波導入窓9、マイクロ波導波管8、マグネトロン7、コイル10等から構成されるマイクロ波ECR放電機構を具備し、プラズマ放電の起動をECRにより行う。放電の継続は、VHF帯域の高周波電源5と平行平板型電極による。

【効果】 被処理基板の面内均一性が向上し、ステップカバリッジのよいプラズマCVD、異方性のよいドライエッチングが可能となる。チャンバクリーニングが容易なので、パーティクル汚染が少ない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 処理室内の平行平板型電極に高周波を印加してプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、該処理室に臨むマイクロ波導入窓を有し、マイクロ波と磁場の相互作用によるマイクロ波 ECR プラズマ放電機構を具備してなる、プラズマ処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のプラズマ処理装置を用いるプラズマ処理方法であって、

処理室内に処理ガスを導入する工程、マイクロ波 ECR プラズマ放電機構により放電を開始する工程、該マイクロ波 ECR プラズマ放電機構への少なくともマイクロ波の供給を停止すると共に、平行平板型電極に高周波を印加する工程とを具備することを特徴とする、プラズマ処理方法。

【請求項 3】 プラズマ処理時の処理室内の圧力は、 $1.0 \text{ Pa}$  以下であることを特徴とする、請求項 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】 プラズマ処理時の処理室内の圧力は、 $1 \text{ Pa}$  以下であることを特徴とする、請求項 2 記載のプラズマ処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体等の製造分野で用いるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関し、特に高真空下でのプラズマ処理に用いて好適なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 LSI 等の半導体装置のデザインルールがハーフミクロンからクォータミクロンのレベルへと微細化し、かつ多層配線構造が多用されて集積度が高まると同時に、半導体基板の大口径化が進展するにつれ、化学的気相堆積 (CVD) やドライエッチング等の微細加工技術に対する要求は一段と厳しさを増している。CVD においては、高段差や高アスペクト比の開口部を有する被処理基板に対して、緻密で均一な膜質の堆積膜を、均一な膜厚でステップカバリッジ良く成膜することが求められる。また、ドライエッチングにおいては、高異方性かつ被処理基板の面内均一性に優れた加工が要請される。

【0003】 従来、高アスペクト比・高段差の被処理基板に対応できるプラズマ処理プロセスとしては、処理ガスの平均自由行程を大きくとることが可能な分子流領域での処理が有利であることから、高真空度下でのプロセスが指向されている。一例として、平行平板型プラズマ処理装置よりは、高真空度下での放電が可能な ECR 放電を利用した ECR プラズマ処理装置が実用化されている。

【0004】 ECR プラズマ処理装置は、例えば  $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^0 \text{ Pa}$  程度の高真空度下でのプラズマ処理が可能である。また同時に  $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$  以上の

高密度プラズマを生成できることから、良好な膜質の CVD 膜堆積や、エッチングレートの低下のないドライエッチングを施すことができる。ところが、特に発散磁界型の ECR プラズマ処理装置においては、被処理基板の中央部には処理ガスのイオンが垂直に入射するが、被処理基板に周辺部には基板に対して斜めに入射する。このため周辺部においては CVD 膜の堆積にしる、ドライエッチングにしる、加工形状に非対称性が生じ、処理の均一性の悪いプラズマ処理となってしまう。この傾向は、被処理基板が大口径化すると顕著になる。

【0005】 この問題を図 4 を参照して説明する。図 4 (a) は公知の発散磁界型マイクロ波プラズマ処理装置の概略断面図である。マグネトロン 7 で発生する  $2.45 \text{ GHz}$  のマイクロ波を、マイクロ波導波管 8 およびマイクロ波導入窓 9 を経由してプラズマ生成室 12 に導く。コイル 10 で発生する  $0.0875 \text{ T}$  の磁場とマイクロ波は共鳴し、ECR プラズマを生成する。プラズマは、コイル 10 の磁力線に沿って発散し、プラズマ流 13 となって処理室 1 に導かれ、被処理基板 4 に対して所定のプラズマ処理を施すのである。6 は排気孔、11 は基板バイアス印加用の RF 電源である。なお、同図では処理ガス導入孔その他の細部は図示を省略する。

【0006】 図 4 (b) および (c) はこの装置を用いて、一例として段差凹部を有する被処理基板 4 に対し、段差凹部を埋め込む  $\text{SiO}_2$  等の絶縁膜 14 の ECR プラズマ CVD を施した場合の断面図であり、(b) は被処理基板 4 の周辺部、(c) は被処理基板 4 の中央部をそれぞれ示す。被処理基板中央部においては、プラズマ流 13 が基板面に対し垂直に入射するので図 4 (a) に示す様に対称性のよい堆積膜が形成できるが、被処理基板周辺部ではプラズマ流 13 が基板法線方向に対し例えば角度  $\theta$  で入射する。このため、図 4 (b) から明らかな様に堆積膜形状に非対称性が生じる。被処理基板周辺部における加工形状の非対称性については、ECR プラズマエッチング装置の場合も基本的には同一の問題をかかえている。

【0007】 また、ECR プラズマ CVD 装置はその装置構造からして原理的に処理室内部の容積および表面積が大きい。このため、例えば  $\text{SiO}_2$  等の絶縁膜を形成する場合、処理室内部の壁面に付着した膜を *in-situ* クリーニングしても隅々までは充分には除去できず、残留した付着膜はいずれ剥離し、パーティクルレベルの悪いプロセスとなってしまう虞れがある。

【0008】 一方、平行平板型プラズマ処理装置の印加 RF を従来からの  $13.56 \text{ MHz}$  より高い周波数である  $30 \sim 300 \text{ MHz}$  の VHF 帯域、とりわけ  $100 \text{ MHz}$  以上の周波数を用いて、プラズマ密度を高めようという試みがなされている。従来の平行平板型プラズマ処理装置は  $10^9 / \text{cm}^3$  台、磁界を併用したマグネトロン型平行平板型プラズマ処理装置にあっては  $10^{10} / \text{cm}^3$

m<sup>3</sup> 台のプラズマ密度が得られものであるが、VHF帯域の印加周波数の採用によりこれより50%前後向上する。プラズマ密度の向上によるメリットはプラズマCVDにおいては堆積膜質の緻密化、ドライエッチングにおいてはエッチングレートの向上等が挙げられる。ところが、平行平板型プラズマ処理装置は、ECRプラズマ処理装置よりも高い圧力である、 $1 \times 10^1 \sim 1 \times 10^2$  Pa程度、磁界を併用したマグネトロン型平行平板型プラズマ処理装置にあつてはこれより一桁低い $1 \times 10^0 \sim 1 \times 10^1$  Pa程度の低真空度でないとなれば放電の開始は困難であつた。このため、処理ガスの平均自由行程はECRプラズマ処理装置より小さく、アスペクト比の大きな微細な凹部や、高段差領域の下部へのイオン入射が少なく、均一なプロセスの達成には限界があつた。

【0009】上述した平行平板型プラズマ処理装置の放電開始時の問題点を解決する先行技術として、例えば特開平4-326725号公報には、処理室内への電子供給手段を具備した装置が開示されている。このプラズマ処理装置によれば、0.5~4mTorr (0.065~0.53Pa)の真空度においても、放電の実効パワーによつてはプラズマ放電が可能であるとしている。しかし、放電開始の機構等、解明すべき点も多く、さらに安定なプラズマ処理装置とプラズマ処理方法の開発が待たれている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明の課題は、高真空度下でも安定した放電が開始および持続できる、プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。

【0011】また本発明の課題は、高真空度下でのプラズマプロセスを可能とし、これにより膜質やステップカバリッジ等の良好なCVD膜を形成したり、あるいは異方性とエッチングレートに優れたドライエッチングを達成しうるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。

【0012】本発明の別の課題は、高密度プラズマを用いたプロセスにより、緻密なCVD膜を堆積したり、エッチングレートの大きなドライエッチングを達成できるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。

【0013】本発明のさらに別の課題は、処理室内壁への堆積膜を効率よくin-situクリーニングでき、パーティクル汚染の少ないプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。本発明の上記以外の課題は、本願明細書の記載内容により明らかにされる。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の課題を達成するため、本発明のプラズマ処理装置は、処理室内に対向配置された平行平板型電極に高周波を印加してプラズマ処理

を施すプラズマ処理装置であつて、この処理室に臨むマイクロ波導入窓を有し、マイクロ波と磁場との相互作用によるマイクロ波ECRプラズマ放電機構を備えたプラズマ処理装置である。マイクロ波ECRプラズマ放電機構は、上述のとおりそのマイクロ波導入窓を平行平板型プラズマ処理装置の処理室に臨んで取り付ければよい。石英等のベルジャでマイクロ波を導入する方式のECRプラズマ処理装置にあつては、ベルジャの開口端を平行平板型プラズマ処理装置の処理室に臨んで取り付ければよい。

【0015】また本発明のプラズマ処理方法は、上記のプラズマ処理装置を用い、処理室内に処理ガスを導入してマイクロ波ECRプラズマ放電機構により放電を開始し、放電が開始した後はこのマイクロ波ECRプラズマ放電機構への少なくともマイクロ波の供給を停止すると共に、平行平板型電極に高周波を印加して放電を持続する工程とを有する、プラズマ処理方法である。

【0016】プラズマ処理時の処理室内の圧力は、10Pa以下、好ましくは1Pa以下に設定することにより、処理ガス分子およびその解離生成物の平均自由行程の大きなプラズマ処理を施すものである。

【0017】また、平行平板型電極に印加する高周波の周波数は、いわゆるVHF帯域である30~300MHz、望ましくは100~300MHzの帯域を使用することにより、プラズマ密度の大きなプラズマ処理を達成するものである。

【0018】

【作用】本発明のプラズマ処理装置は、平行平板型プラズマ処理装置の放電開始手段として、マイクロ波ECRプラズマ放電機構を付加することにより、従来はプラズマ放電が困難であつた10Pa以下の低処理ガス圧力範囲においても、安定した放電を達成しうるものである。マイクロ波ECRプラズマ放電機構は、2.45GHzのマイクロ波周波数と、0.0875Tの磁界との相互作用により、ECR放電を起こす。ECR放電は、周知のごとく $10^{-2} \sim 10^0$  Pa程度の高真空領域においても安定した放電を開始することが可能である。

【0019】本発明のプラズマ処理方法は、上記プラズマ処理装置を用いてプラズマ処理を施すものである。マイクロ波ECRプラズマ放電機構により、一旦処理室内に放電を開始すると、その後は平行平板型電極への高周波の印加のみで放電を持続することが可能である。この時、マイクロ波プラズマ放電機構へのマイクロ波の供給と、磁場の印加とを同時に停止すれば、単なる平行平板型プラズマ処理装置として機能する。また、マイクロ波の供給のみを停止し、磁場の印加はそのまま、あるいは磁場強度を変えて継続すれば、マグネトロン型の平行平板型プラズマ処理装置となる。特に、平行平板型電極への印加RF周波数と共鳴する磁場強度を選択して印加すれば、効率のよいプラズマ処理が達成出来る。

【0020】プラズマ処理時の処理室内の圧力は、10 Pa 以下好ましくは1 Pa 以下を選択することにより、処理ガスおよびその解離生成物の平均自由行程の大きなプラズマ処理を享受できる。すなわち、CVDにおいては高段差・高アスペクト比の被処理基板に対して、緻密で均一な膜質の堆積膜を、均一な膜厚でステップカバリッジ良く成膜することが可能となる。また、ドライエッチングにおいては、高異方性かつ被処理基板の面内均一性、エッチングレート等に優れた加工が達成できる。

【0021】平行平板型電極に印加する高周波の周波数は30~300MHz、好ましくは100~300MHzを選ぶ。この周波数範囲は、従来の商用周波数である13.56MHzより高く設定することにより、効率のよいプラズマ励起が可能となり、従来よりも50%前後高いプラズマ密度でのすぐれたプラズマ処理を達成できる。このVHF帯域での平行平板型プラズマ処理装置での放電は、13.56MHzを用いる場合と同様、高真空度領域での放電の開始は困難であるが、ECR放電機構によりプラズマ起動すれば何ら問題はない。もちろんこのVHF周波数帯域以外の、例えば従来と同じ13.56MHzの高周波や、さらに低い周波数のRFを用いてもよい。

【0022】本発明のプラズマ処理装置によれば、処理室の容積ないし処理室内壁表面積の実効的な増加はないので、処理室内部のin-situクリーニングが容易に行え、パーティクル汚染のないプラズマ処理が達成できる。

#### 【0023】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき説明する。

#### 【0024】実施例1

本実施例は、一例としてコンタクトホールやヴァイアホール等でオーミックコンタクトをとるためのコンタクトメタルである、TiのプラズマCVDに本発明を適用した例であり、これを図1を参照しながら説明する。

【0025】図1は本発明のプラズマ処理装置の一例の概略を示す断面図であり、1は処理室、2は下部平行平板電極、3は上部平行平板電極、5は高周波電源、6は排気孔であり、以上は平行平板型プラズマ処理装置の要部を構成するものである。4は被処理基板である。本プラズマ処理装置の特徴となる構成部分として、処理室1の壁面に、処理室1内に臨むように石英等からなるマイクロ波導入窓9が設けてあり、マグネトロン7からの2.45GHzのマイクロ波がマイクロ波導波管8とマイクロ波導入窓9を経由して処理室1に導入される構成となっている。10はECR放電を行うに必要な0.0875Tの磁場を発生するコイルである。なお同図では4個のコイルを示しているが、この数に限定されるものではない。またこのECRプラズマ放電機構は、放電を開始する際に機能すればよいので、特に均一なプラズマ

分布を追求するものではない。すなわち、コイル10の磁場強度分布についてもこの場合には均一性は要求されない。なお、図1では処理ガス導入管、被処理基板の保持機構、温度制御機構等の細部は図示を省略する。

【0026】このプラズマ処理装置を用い、まずコイル10により0.0875Tの磁場を処理室1内部に発生し、一例として下記条件により処理ガスを導入する。

TiCl <sub>4</sub>	100	sccm
H <sub>2</sub>	500	sccm
ガス圧力	0.0665	Pa

つぎに2.45GHzのマイクロ波をマイクロ波導入窓3から導入すると、処理室内部にはマイクロ波ECRプラズマ放電が開始される。

【0027】マイクロ波ECRプラズマ放電の開始と同時に、高周波電源5から一例として100MHzのVHFを上部平行平板電極3に印加するとともに、マイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を停止する。VHF電力は一例として350Wとする。マイクロ波の導入を停止した以後も、平行平板電極間のプラズマ放電は安定に継続し、高真空下での膜質のよいTiのプラズマCVDが達成できた。堆積したコンタクトメタルとしてのTi膜は、被処理基板中央部と周辺部の膜厚分布のないものであり、ステップカバリッジにも優れたものであった。なお、本実施例はアノードカップルの電極構成としたので、被処理基板へのプラズマダメージのないTi膜堆積が可能である。

【0028】なお、上記実施例ではマイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を共に停止したが、磁場は継続して発生しておいてもよい。この場合、VHF周波数と共鳴放電する磁場強度を選ぶことによりプラズマ放電の効率化し、デポジションレートや膜質の向上を図ることもできる。VHFが100MHzの場合、共鳴磁場強度は0.0035Tである。この場合にはコイル10の磁場強度分布を考慮する必要があり、コイル10の巻線構成、あるいはコイル10を平行平板電極面に平行に回転運動する方法等を選べばよい。

#### 【0029】実施例2

本実施例は、一例としてMOS型デバイスのゲート電極等に用いる不純物添加多結晶シリコン膜(DOPOS膜)のプラズマCVDに本発明を適用した例であり、これを同じく図1を参照しながら説明する。

【0030】このプラズマ処理装置を用い、まずコイル10により0.0875Tの磁場を処理室1内部に発生し、一例として下記条件により処理ガスを導入する。

SiH <sub>4</sub>	100	sccm
PH <sub>3</sub>	10	sccm
ガス圧力	0.0665	Pa

ボロンを導入する場合にはPH<sub>3</sub>の代わりにBH<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>等のガスを用いればよい。つぎに2.45GHzのマイクロ波をマイクロ波導入窓3から導入すると、処

理室内部にはマイクロ波ECRプラズマ放電が開始される。

【0031】マイクロ波ECRプラズマ放電の開始と同時に、高周波電源5から100MHzのVHFを上部平行平板電極3に印加するとともに、マイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を停止する。VHF電力は一例として350Wとする。マイクロ波の導入を停止した以後も、平行平板電極間のプラズマ放電は安定に継続し、高真空下でのDOPOSのプラズマCVDが達成できた。堆積したゲート電極材料層としてのDOPOS膜は、被処理基板中央部と周辺部のカバリッジや膜厚分布の無いものであった。なお、本実施例もアノードカップルの電極構成としたので、被処理基板へのプラズマダメージのないDOPOS膜堆積が可能である。

【0032】なお、上記実施例でもマイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を共に停止したが、磁場は継続して発生しておいてもよいことは実施例1と同様である。

#### 【0033】実施例3

本実施例は、多層配線構造におけるコンタクトホールやヴァイアホール等の接続孔のドライエッチングに本発明を適用した例であり、これを図2を参照しながら説明する。

【0034】図2は本発明のプラズマ処理装置の他の例の概略を示す断面図であり、基本的な構成は図1と同じであり、同一の部分には図1と同じ参照番号を付与し、重複する説明は省略する。本装置が図1で示す装置と異なる点は、高周波電源5を下部平行平板電極2に接続したカソードカップル方式となっている点である。なお、図2においても処理ガス導入管、被処理基板の保持機構、温度制御機構等の細部は図示を省略する。

【0035】不純物拡散層等の能動層が形成されたSi等の半導体基板上にSiO<sub>2</sub>等の層間絶縁膜を形成し、コンタクトホール形成領域にフォトレジストの開孔パターンを設けた被処理基板4を下部平行平板電極2上に載置する。つぎにコイル10に通電して0.0875Tの磁場を処理室1内部に発生し、一例として下記条件により処理ガスを処理室1内に導入する。

CHF <sub>3</sub>	500	sccm
O <sub>2</sub>	100	sccm
ガス圧力	0.0665	Pa

つぎに2.45GHzのマイクロ波をマイクロ波導入窓3から導入すると、処理室内部にはマイクロ波ECRプラズマ放電が開始される。

【0036】マイクロ波ECRプラズマ放電の開始と同時に、高周波電源5からVHFを下部平行平板電極2に印加するとともに、マイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を停止する。VHF電力は一例として350Wとする。マイクロ波の導入を停止した以後も、平行平板電極間のプラズマ放電は安定に継続し、高真空下で

のコンタクトホールエッチングが達成された。本実施例では、カソードカップリング方式を採用することに併わせて、平均自由行程の大きい高真空条件下でのRIEが可能であるので、高アスペクト比のコンタクトホールを異方性良く形成することができる。また被エッチング基板中央部と周辺部とのコンタクトホールの加工形状の均一性にも優れたものであった。

【0037】なお、上記実施例ではマイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を共に停止したが、磁場は継続して発生しておいてもよい。この場合、VHF周波数と共鳴放電する磁場強度を選ぶことによりプラズマ放電の効率化し、エッチングレートの向上等を図ることできる。VHFが100MHzの場合、共鳴磁場強度は0.0035Tである。なお、この場合磁場強度分布の均一性に対する配慮は実施例1と同様である。

#### 【0038】実施例4

本実施例は、多層配線構造の層間絶縁膜に用いるSiO<sub>2</sub>のプラズマCVDに本発明を適用した例であり、これを図3を参照しながら説明する。

【0039】図3は本発明のプラズマ処理装置の概略を示す断面図であり、実施例1で用いたプラズマ処理装置と重複する部分は同一の参照番号を付与し、その説明を省略する。本装置が図1のプラズマ処理装置と異なる点は、基板バイアスを印加するためのRF電源11を下部平行平板電極2に接続した構成を採っていることである。すなわち、上部平行平板電極3には高周波電源を接続すると共に、下部平行平板電極2には基板バイアスを印加するためのRF電源11を接続する。

【0040】このプラズマ処理装置を用い、まずコイル10により0.0875Tの磁場を処理室1内部に印加し、一例として下記条件により処理ガスを導入する。

SiH <sub>4</sub>	300	sccm
O <sub>2</sub>	500	sccm
ガス圧力	0.0665	Pa

つぎに2.45GHzのマイクロ波をマイクロ波導入窓3から導入すると、処理室内部にはマイクロ波ECRプラズマ放電が開始される。

【0041】マイクロ波ECRプラズマ放電の開始と同時に、高周波電源5から一例として100MHzのVHFを上部平行平板電極3に印加するとともに、下部平行平板電極2には13.56MHzのRFを400W印加する。これとともにマイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を停止する。VHF電力は一例として500Wとする。マイクロ波の導入を停止した以後も、平行平板電極間のプラズマ放電は安定に継続し、高真空下でのSiO<sub>2</sub>のプラズマCVDが達成できた。本実施例で下部平行平板電極にRF帯域の基板バイアスを印加したのは、被処理基板へのスパッタリングを併用して堆積膜のマイグレーションを促進し、基板段差凹部への埋め込み能力を向上するためである。堆積した層間絶縁膜とし

でのSiO<sub>2</sub>膜は、被処理基板中央部と周辺部のカバリッジや膜厚分布のないものであった。

【0042】なお、上記実施例でもマイクロ波の導入とコイル10による磁場の発生を共に停止したが、磁場は継続して発生しておいてもよい。この場合、VHF周波数と共鳴放電する磁場強度を選ぶことによりプラズマ放電の効率化を図ることもできる。VHFが100MHzの場合、共鳴磁場強度は0.0035Tである。なお、本実施例においても磁場強度分布の均一性に対する配慮は実施例1と同様である。

【0043】以上、本発明を4例の実施例をもって説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0044】例えば、平行平板型電極の高周波を印加するプラズマ処理装置として、ダイオード型の装置を例示したが、トライオード型等であってもよい。電極板形状も平板以外のもの、メッシュ状のもの、ガスシャワーヘッドを兼ねているもの、接地電極が処理室の壁面を兼ねるもの、また可動型電極であってもよい。

【0045】平行平板型電極に印加する周波数はVHF帯域を例示したが、3~30MHzのHF帯域、300kHz~3MHzのMF帯域等であってもよい。

【0046】平行平板型電極を有するプラズマ処理装置でのプラズマ処理として、プラズマCVDとRIEを例示したが、アノードカップリング方式のプラズマエッチング、イオンミリング、スパッタリング、不純物のプラズマドーピング、プラズマ酸化、プラズマ窒化等の各種プラズマ処理に適用しうことは当業者には明らかであろう。

【0047】また、マイクロ波ECR放電機構として、マイクロ波導入窓型のものを例示したが、石英等のベルジャにより導入する型のマイクロ波ECR装置でもよい。処理室に複数のマイクロ波導入窓をとりつけ、マイクロ波導波管を分岐させて各マイクロ波導入窓へ接続してもよい。マグネトロンそのものを複数個用意し、複数のマイクロ波導入窓からマイクロ波を処理室に導入してもよい。逆に、平行平板型電極を内蔵した複数の処理室に対し、1個のマイクロ波ECRプラズマ放電機構から導入経路を切り替えて各処理室にマイクロ波を導入してもよい。この場合は、マルチチャンバのクラスツールシステムの構築に効果的である。

【0048】さらに、高真空度での放電が可能なマイクロ波ECRプラズマ放電機構を放電開始のトリガとして用いたが、本発明の基本原則によれば、その他高真空領域でのプラズマ放電が可能なプラズマ放電機構をも利用できる。このような装置としては、ヘリコン波プラズマ

(Helicon Wave Plasma)装置、誘導結合プラズマ(Inductively Coupled Plasma)装置、トランス結合プラズマ(Transformer Coupled Plasma)等がある。これら装置は、いずれも1Pa台以下でも容易にプラズマ放電の開始が

可能で、本発明の趣旨に適合するものである。なお、これら各プラズマ装置の技術的説明は、個々の技術リポートに詳述されているので省略するが、総説としては例えば月刊セミコンダクターワールド誌(プレスジャーナル誌刊)1993年10月号59ページに掲載されている通りである。

【0049】本プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法は、半導体装置の製造分野以外にも例えば薄膜磁気ヘッドや薄膜磁気記録媒体、光記録ディスク、光磁気記録ディスク、磁気光学素子等、プラズマを利用する各種電子デバイス等に利用できる。

【0050】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法によれば、10Pa以下、好ましくは1Pa以下の高真空領域下で安定した放電の開始および持続が可能な平行平板型プラズマCVD、ドライエッチング等が可能となる。これにより、平均自由行程の長いプラズマプロセスの長所を存分に取り入れた半導体装置等を製造できる。

【0051】すなわち、プラズマCVDにおいては、段差の大きい被処理基板に対し、ステップカバリッジと膜質のよい各種CVD膜の堆積が可能となる。またドライエッチングにおいては、異方性とエッチングレートに優れた加工が可能となる。しかも発散磁界型ECRプラズマ処理装置に見られた処理形状の非対称性はない。

【0052】さらに本発明のプラズマ処理は、VHF帯域の高周波をプラズマ生成に用いるので、処理ガスの解離効率に優れ、被処理基板に対して高プラズマ密度を利用したプラズマ処理が可能となる。

【0053】すなわち、プラズマCVDにおいては緻密な膜質の堆積膜の形成ができる。またドライエッチングにおいてはエッチングレートの向上が達成できるので、スループットに優れたプロセスとなり、装置の稼働率向上に寄与する。

【0054】また本発明のプラズマ処理装置は、基本的には平行平板型の装置であるので、処理室の容積や表面積が小さいことから、プラズマクリーニングが容易であり、パーティクル汚染の少ないプロセスが可能となる。これも、スループットや装置の稼働率の面からも大きなメリットとなる。本発明の上記以外の効果は、本願明細書の記載内容により明らかである。

【0055】以上述べたように、本発明は高集積度、高信頼性を要求される微細な設計ルールに基づく半導体装置等の製造において、多大の効果を発揮するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した実施例1および2で用いるプラズマ処理装置の概略断面図である。

【図2】本発明を適用した実施例3で用いるプラズマ処理装置の概略断面図である。



【図3】本発明を適用した実施例4で使用するプラズマ処理装置の概略断面図である。

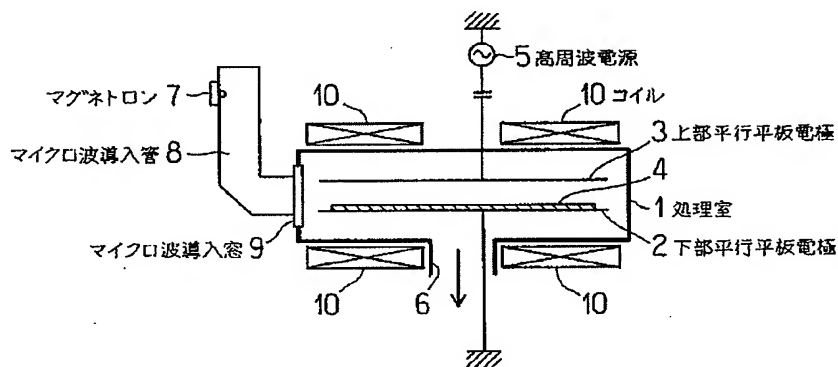
【図4】従来のプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を説明する図であり、(a)は発散磁界型マイクロ波ECRプラズマ処理装置の概略断面図、(b)は被処理基板基板中央部の堆積膜を示す断面図、(c)は被処理基板周辺部の堆積膜を示す断面図である。

【符号の説明】

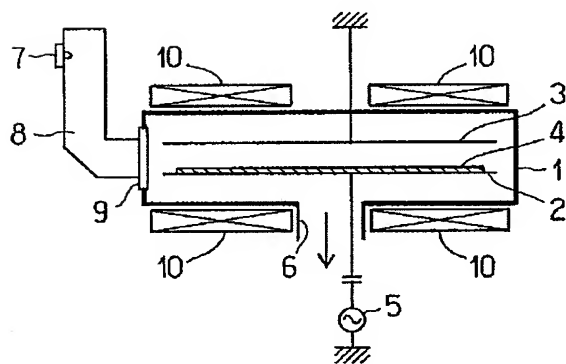
1 処理室

2 下部平行平板電極  
3 上部平行平板電極  
4 被処理基板  
5 高周波電源  
7 マグネトロン  
8 マイクロ波導波管  
9 マイクロ波導入窓  
10 コイル  
11 RF電源

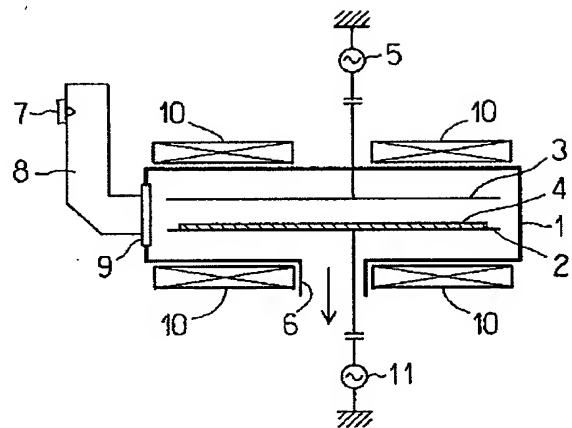
【図1】



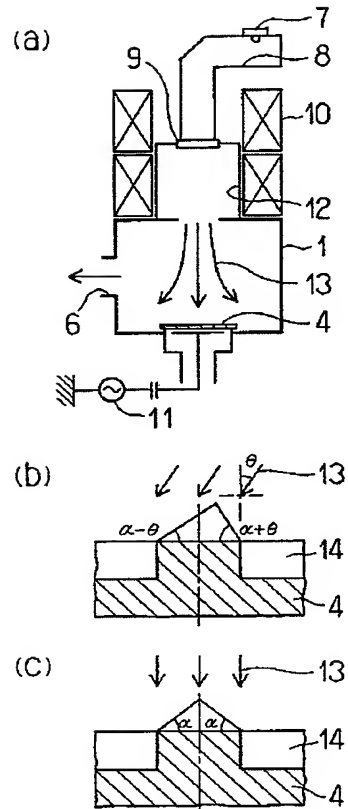
【図2】



【図3】



【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

C 2 3 F 4/00

H 0 1 L 21/285

21/31

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 8417-4K

C 8826-4M